

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-264152

(P2003-264152A)

(43) 公開日 平成15年9月19日 (2003.9.19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 1 L 21/205		H 0 1 L 21/205	4 K 0 3 0
C 2 3 C 16/44		C 2 3 C 16/44	J 5 F 0 0 4
H 0 1 L 21/3065		H 0 1 L 21/302	1 0 1 H 5 F 0 4 5

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-65342 (P2002-65342)

(22) 出願日 平成14年3月11日 (2002.3.11)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成13年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「太陽光発電システム普及促進型技術開発 高速大面積アモルファスシリコン薄膜技術の委託研究」、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都港区港南二丁目16番5号

(72) 発明者 川村 啓介

長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工業株式会社長崎研究所内

(72) 発明者 笹川 英四郎

長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式会社長崎造船所内

(74) 代理人 100069246

弁理士 石川 新 (外1名)

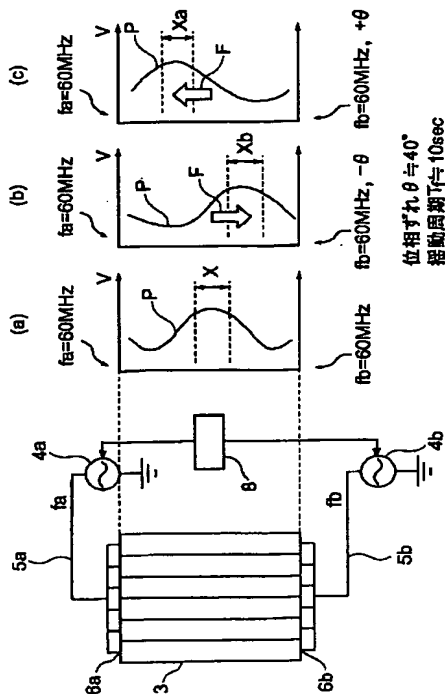
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 シリコン堆積膜除去方法

(57) 【要約】

【課題】 シリコン堆積膜を均一にエッチングでき、プラズマによる電極部材のオーバーエッチングを抑制できるシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【構成】 真空容器内にNF₃を導入し、真空容器内の平面状に構成された電極に高周波電力をかけて、NF₃をプラズマ化して分解し、発生したFラジカルにより真空容器内のシリコン堆積膜を除去するシリコン堆積膜除去方法において、電極の対向する端縁部にそれぞれ第1、第2の給電点を設け、同給電点にそれぞれ第1、第2の高周波電源を接続し、第1、第2の高周波電源の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲内として電極の中央部において主にプラズマが発生する中央プラズマモードと、前記第1、第2の高周波電源の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲以上として給電点の近傍部において主にプラズマが発生する上下プラズマモードとを、交互に行なうシリコン堆積膜除去方法。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 真空容器内に NF₃ を導入し、同真空容器内の平面状に構成された電極に高周波電力をかけて、NF₃ をプラズマ化して分解し、発生した F ラジカルにより同真空容器内のシリコン堆積膜を除去するシリコン堆積膜除去方法において、前記電極の対向する端縁部にそれぞれ第 1、第 2 の給電点を設け、同第 1、第 2 の給電点にそれぞれ第 1、第 2 の高周波電源を接続し、同第 1、第 2 の高周波電源の高周波電力の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲内として前記第 1 の給電点と第 2 の給電点との間の中央部において主にプラズマが発生する中央プラズマモードと、前記第 1、第 2 の高周波電源の高周波電力の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲以上として前記第 1 の給電点と第 2 の給電点の近傍部において主にプラズマが発生する上下プラズマモードとを、交互に行なうことを特徴とするシリコン堆積膜除去方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記上下プラズマモードは、前記第 1、第 2 の高周波電源の高周波電力の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲以上とすることに代えて、前記第 1、第 2 の高周波電源の高周波電力の周波数に一定範囲以上の差を設けることにより行なうことを特徴とするシリコン堆積膜除去方法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記第 1、第 2 の給電点はそれぞれ複数設けることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法。

【請求項 4】 請求項 1 または請求項 2 に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記平面状に構成された電極は、前記第 1 の給電点が設けられた第 1 の横方向電極棒と、前記第 2 の給電点が設けられた第 2 の横方向電極棒と、同第 1、第 2 の横方向電極棒の間を接続する複数の縦方向電極棒を有するものであることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法。

【請求項 5】 請求項 1 または請求項 2 に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記中央プラズマモードは、前記第 1、第 2 の高周波電源の高周波電力の位相のずれを前記一定範囲内で正負にわたり周期的に変化させることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法。

【請求項 6】 請求項 1 または請求項 2 に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記中央プラズマモードと、前記上下プラズマモードとの間に高周波電力の供給を停止するインターバルを設けることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法。

【請求項 7】 請求項 6 に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記中央プラズマモードと前記上下プラズマモードとを交互に行なったのち、前記真空容器内を冷却し、その後、前記インターバルの時間的割合を前記真空容器内の冷却前に比べ増加させて前記中央プラズマモ

ードと前記上下プラズマモードとを交互に行なうこと特徴とするシリコン堆積膜除去方法。

【請求項 8】 請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記平面状に構成された電極は、前記真空容器内で製膜を行なうための電極であること特徴とするシリコン堆積膜除去方法。

【請求項 9】 請求項 8 に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記真空容器はプラズマ CVD 装置を構成するものであることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ CVD 装置等、電極に高周波電力をかけてプラズマを発生させ目的とする基板上にシリコン膜を製膜する装置において装置内に発生するシリコン堆積膜を除去する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】電極に高周波電力をかけてプラズマを発生させ目的とする基板上にシリコン膜を製膜する装置の例として、プラズマ CVD 装置の一般的な構成を、図 8、図 9 に基づいて説明する。図 8 はプラズマ CVD 装置の構成概要図であり、図 9 は、図 8 中 A-A 矢視によるプラズマ CVD 装置の真空容器内の断面配置図である。

【0003】図 8 に示すように、プラズマ CVD 装置 100 は、真空容器 1 内に電極 3 を設け、図 9 に示すように、電極 3 に向かい合わせて設けられたアース電極 12 上にシリコン製膜を施そうとする基板 7 が配置される。電極 3 の基板 7 と反対側には電極 3 を囲むように製膜室 2 が形成されている。製膜室 2 は基板 7 側を開放した形としており、電極 3 と向かい合う面に図示しないガス供給源と接続したガス供給部 10 が設けられている。また、真空容器 1 にはガスを排出するための排気管 11 が設けられ図示しない排気装置（真空装置）と接続している。

【0004】なお、ガス供給部 10 は図 8 に示すものに限らず、電極 3 自体がガスパイプとなっていて、ガスパイプに多数設けられた噴出孔からガスを噴出させるものもある。

【0005】プラズマ CVD 装置 100 において基板 7 は、太陽電池、薄膜トランジスタ等に用いられるためにアモルファスシリコン等が製膜されるが、近年大サイズ化の要請が高く、大サイズの基板 7 に一様にシリコン製膜を施すために電極 3 も基板 7 と向かい合う平面状に構成され、大サイズ化している。

【0006】また、平面状に構成される電極 3 としては、図 8 に示すように、その対向する端縁部に配置された 2 本の横方向電極棒 3a、3b と、その間を接続して複数平行に配された縦方向電極棒 3c とで縦格子状に形

成したラダー電極が多く用いられる。

【0007】電極3に1つの高周波電源を接続するものもあるが、大サイズ化したラダー電極3の場合、2つの高周波電源を接続する場合が多い。

【0008】その場合、図8の例では、上側の横方向電極棒3a（第1の横方向電極棒）は複数の上側給電点6a（第1の給電点）を介して給電線A5aが接続され、給電線A5aは高周波電源であるRFアンプA4a（第1の高周波電源）に接続し、下側の横方向電極棒3b（第2の横方向電極棒）は複数の下側給電点6b（第2の給電点）を介して給電線B5bが接続され、給電線B5bは高周波電源であるRFアンプB4b（第2の高周波電源）に接続している。

【0009】なお、本明細書において「縦方向」「横方向」「上側」「下側」とは、本明細書において各部の相互の方向・位置の関係を説明するために、図8に示す状態で言うものであって、実際のプラズマCVD装置100、真空容器1、電極3等の配置方向を規定するものではない。このことは、図1から図7に基づく本発明の実施の形態の説明において同じである。

【0010】上記のようなプラズマCVD装置100でのアモルファスシリコンの製膜においては、基板7をセットし真空容器1内を真空とした後、ガス供給部10からシランガス（SiH₄）を供給し電極3を通過させ基板7へ向けて流し、RFアンプA4a、RFアンプA4bからは電極3に、例えば、RF周波数60MHzの高周波電力を供給し、シランガスをプラズマ化して、シリコン（Si）を基板7上に製膜する。なお、製膜室2はシランガスが電極3と反対側に流れることを抑制し製膜の効率向上を図る働きがある。

【0011】しかしながら、アモルファスシリコン膜等の製膜を連続的に行なううちに、シリコンの膜が真空容器1内壁に堆積してさらに落下するものも生じ、あるいは気相中にシリコン粉が発生し、これらのシリコン粉末が製膜中の基板7に付着すると、不良品発生の問題が発生する。また、シリコン堆積膜は電極3自体にも発生し、出力の低下、プラズマ発生分布の不均一、等の問題も生じる。

【0012】そこで、このシリコン堆積膜の除去が行なわれるが、従来一般的な方法としては、電極3等の各部材を分解してアルカリ洗浄し、再組み立てすることが行なわれる。しかし分解、アルカリ洗浄、乾燥、再組み立ての工数は大きく、その間プラズマCVD装置100は稼働を停止せざるを得ず、そのコストと稼働率の低下の問題があった。

【0013】それに対して、プラズマCVD装置100の稼働率を上げられるセルフクリーニングプロセスとして、プラズマCVD装置100の製膜作業を一時停止し、真空容器1内に、反応性の強いエッチングガスとなるNF₃（三フッ化窒素）を注入し、製膜用の電極3に

同様に高周波電力をかけて、NF₃をプラズマ化して分解し、分解により生じたF（フッ素）ラジカルにより真空容器1内をエッチングし、下記のようにシリコン膜やシリコン粉をSiF₄（フッ化珪素）として気化し除去する方法も考えられている。

【0014】Fラジカル+Si→SiF₄（フッ化珪素：沸点-95.5℃）

この反応は、発熱反応であり、除去すべきSiがなくなれば温度上昇がなくなり、その分温度が低下するので、クリーニング完了検知の情報となり、自動的なシリコン堆積膜除去方法として利用できるものと考えられている。

【0015】しかし、この場合においても従来は、電極3が比較的小型（例えば、500mm角以下）のものであれば、NF₃、プラズマを均一に発生することができたが、電極3の温度上昇が急激となりオーバーエッチング（表面に出た金属部分がFラジカルにより腐食する）による電極3部材の腐食が問題となっていた。

【0016】また、500mm角を越えるような大面積の電極3の場合は、NF₃、プラズマを均一に発生することが困難なため、リモートプラズマ（別の場所でNF₃、プラズマを生成し、比較的寿命の長いFラジカルを含むガスを電極部に導きエッチングを行なう）によるエッチングを用いる必要がある。

【0017】リモートプラズマでは、しかし、Fラジカル含有ガスの上流部はFラジカル濃度が高くエッチング速度が早くなり、下流側はFラジカル濃度が低くエッチング速度が遅くなるので、エッチング状態の差異が大きく、やはりオーバーエッチングによる電極3部材の腐食問題が生じる。しかもFラジカル含有ガスを引き回すためその行程の各部分に耐F性の弱い材料は使用できないという制約も生じた。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、かかる従来の電極に高周波電力をかけてプラズマを発生させ目的とする基板上にシリコン膜を製膜する装置におけるシリコン堆積膜の除去において、大面積電極上のシリコン堆積膜を均一にエッチングでき、プラズマによる電極部材の過熱によるオーバーエッチングを抑制できるようなプラズマ発生が可能で、エッチング分布の差異が生じていてもオーバーエッチングによる電極部材腐食を抑制できるセルフクリーニングプロセスを可能とする、シリコン堆積膜除去方法を提供することを課題とするものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】（1）本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、その第1の手段として、真空容器内にNF₃を導入し、同真空容器内の平面状に構成された電極に高周波電力をかけて、NF₃をプラズマ化して分解し、発生したFラジカルにより同真空容器内のシリコン堆積膜を除去するシリコン堆積膜

除去方法において、前記電極の対向する端縁部にそれぞれ第1、第2の給電点を設け、同第1、第2の給電点にそれぞれ第1、第2の高周波電源を接続し、同第1、第2の高周波電源の高周波電力の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲内として前記第1の給電点と第2の給電点との間の中央部において主にプラズマが発生する中央プラズマモードと、前記第1、第2の高周波電源の高周波電力の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲以上として前記第1の給電点と第2の給電点の近傍部において主にプラズマが発生する上下プラズマモードとを、交互に行なうことを特徴とするシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【0020】第1の手段によれば、電極全体において時間平均的に均一にプラズマが発生し、電極全体のシリコン堆積膜が、隈無く均一にエッチングされて除去され、また、電極全体で均一にプラズマが発生するため真空容器の内部全体も良好に一樣のシリコン堆積膜除去がなされる。

(2) 第2の手段としては、第1の手段のシリコン堆積膜除去方法において、前記上下プラズマモードは、前記第1、第2の高周波電源の高周波電力の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲以上とすることに代えて、前記第1、第2の高周波電源の高周波電力の周波数に一定範囲以上の差を設けることにより行なうことを特徴とするシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【0021】第2の手段によっても、電極全体において時間平均的に均一にプラズマが発生し、電極全体のシリコン堆積膜が、隈無く均一にエッチングされて除去され、また、電極全体で均一にプラズマが発生するため真空容器の内部全体も良好に一樣のシリコン堆積膜除去がなされる。

【0022】(3) また、第3の手段として、第1の手段または第2の手段のシリコン堆積膜除去方法において、前記第1、第2の給電点はそれぞれ複数設けることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【0023】第3の手段によれば、第1の手段または第2の手段の作用に加え、プラズマの発生をより均一的にできる。

【0024】(4) 第4の手段として、第1の手段または第2の手段のシリコン堆積膜除去方法において、前記平面状に構成された電極は、前記第1の給電点が設けられた第1の横方向電極棒と、前記第2の給電点が設けられた第2の横方向電極棒と、同第1、第2の横方向電極棒の間を接続する複数の縦方向電極棒を有するものであることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【0025】第4の手段によれば、第1の手段または第2の手段の作用を、大サイズの電極として有効なラダー電極において奏する。

【0026】(5) 第5の手段として、第1の手段また

は第2の手段のシリコン堆積膜除去方法において、前記中央プラズマモードは、前記第1、第2の高周波電源の高周波電力の位相のずれを前記一定範囲内で正負にわたり周期的に変化させることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【0027】第5の手段によれば、第1の手段または第2の手段の作用に加え、第1、第2の給電点間の中央部をプラズマ強度のピークが周期的に揺動し、プラズマの発生をより均一的にできる。

【0028】(6) 第6の手段として、第1の手段または第2の手段のシリコン堆積膜除去方法において、前記中央プラズマモードと、前記上下プラズマモードとの間に高周波電力の供給を停止するインターバルを設けることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【0029】第6の手段によれば、第1の手段または第2の手段の作用に加え、インターバルの時間的割合を調整することで、加熱量を調節でき、適切な温度範囲内でエッチングを進行することができる。

【0030】(7) 第7の手段として、第6の手段のシリコン堆積膜除去方法において、前記中央プラズマモードと前記上下プラズマモードとを交互に行なったのち、前記真空容器内を冷却し、その後、前記インターバルの時間的割合を前記真空容器内の冷却前に比べ増加させて前記中央プラズマモードと前記上下プラズマモードとを交互に行なうことを特徴とするシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【0031】第7の手段によれば、第6の手段の作用に加え、シリコン堆積膜が厚いときは、まず比較的高温になるように調整しつつエッチング作用を高めてエッチングを早く進行させ、一旦冷却後、インターバルの時間的割合を増加させて比較的低温でオーバーエッチングを防止するようにエッチングを進行させることができる。

【0032】(8) 第8の手段として、第1の手段ないし第7の手段のいずれかのシリコン堆積膜除去方法において、前記平面状に構成された電極は、前記真空容器内で製膜を行なうための電極であること特徴とするシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【0033】第8の手段によれば、第1の手段ないし第7の手段のいずれかの作用に加え、製膜装置において製膜用の電極をそのまま使用でき、工数の増大が少なく、製膜工程に対する稼働停止等の影響も極めて少なく、安全且つ効率のよいセルフクリーニングプロセスを行なえる。

【0034】(9) 第9の手段として、第8の手段のシリコン堆積膜除去方法において、前記真空容器はプラズマCVD装置を構成するものであることを特徴とするシリコン堆積膜除去方法を提供する。

【0035】第9の手段によれば、第8の手段の作用に加え、プラズマCVD装置においては、稼働率が向上し、また、真空容器内、電極のクリーニングを適切に実

施できる。

【0036】

【発明の実施の形態】図1から図7に基づき、本発明の実施の一形態に係るシリコン堆積膜除去方法を説明する。図1は本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法の実施態様の説明図であり、プラズマCVD装置の構成概要図である。図2は図1の電極におけるプラズマ発生モードの説明図、図3は図2中の中央プラズマモードの説明図、図4は図2中の上下プラズマモードの説明図、図5は本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法の高温クリーニング時における電極の温度履歴のグラフ、図6は本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法における電極温度コントロール運転の説明図、図7は本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法の一実施例の諸値表である。

【0037】図1に示すように、本実施態様のプラズマCVD装置200の装置構成は、RFアンプA4a、RFアンプB4bに対して位相制御信号源8が接続されている以外は、図8で説明した従来のプラズマCVD装置の例と同様に構成されており、図9に示した断面も同様であるので図示省略し、同じ箇所には同じ符号を付して説明を省略して異なる点を主に以下説明する。

【0038】図1において、8は位相制御信号源であり、その出力A8aはRFアンプA4aに外部入力端子A9aを介して入力し、出力B8bはRFアンプB4bに外部入力端子B9bを介して入力し、両RFアンプ8a、8bの出力する高周波電力の高周波の位相ずれ θ 、およびそれぞれのRF周波数 f_a 、 f_b の相互関係を制御するものである。

【0039】本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法は、従来例で説明したような、真空容器1内にNF₃を導入し、製膜用の電極3に高周波電力をかけて、NF₃をプラズマ化して分解し、Fラジカルにより真空容器1内のシリコン堆積膜をエッチングし、シリコンをフッ化珪素として気化し除去する方法において、さらに、図2(a)に示すように、電極3の上側給電点6aと下側給電点6bとの間の中央部(図2中の、中央域X、その上側の中央上寄り域Xaおよび下側の中央下寄り域Xb)において主にプラズマが発生する「中央プラズマモード」(本明細書において「中央プラズマモード」とは、その意味に用いる)と、(b)に示すように、電極3の上側給電点6aの近傍部(図2中の上端域Ya)と下側給電点6bの近傍部(図2中の下端域Yb)とにおいて主にプラズマが発生する「上下プラズマモード」(本明細書において「上下プラズマモード」とは、その意味に用いる)とを、積極的に交互に現出させるように位相制御信号源8により制御し、その結果、電極3の全域に時間平均的に均一にプラズマが発生するようにする。なお、電極3の上側給電点6aと下側給電点6bは複数設けることにより、横方向のプラズマ発生をより均一的にでき、より大サイズの電極に対処できる。

【0040】図3により、「中央プラズマモード」を説明すると、図1に示されるような構成のプラズマCVD装置200において、位相制御信号源8によりRFアンプA4aとRFアンプB4bの高周波電力の位相ずれ θ を制御する位相変調法により、電極3における上下の電圧分布、すなわちプラズマ強度Pの分布が制御される。

【0041】RFアンプA4aのRF周波数 f_a 、RFアンプB4bのRF周波数 f_b が同周波数、例えば60MHzのとき、両高周波に位相ずれ θ がないときは図3中(a)に示すように、プラズマ強度Pは中央域Xで最も高い分布となる。

【0042】なお、60MHzのRF周波数 f_a 、 f_b は、製膜工程上設定された仕様であるが、RFアンプA4a、RFアンプB4bの高周波電力をそのままシリコン堆積層除去のエッチングのために用いることができる。

【0043】RF周波数 f_a 側に対してRF周波数 f_b 側の高周波が一定範囲内の角度の位相ずれ $-\theta$ を有するようにすると、図3中(b)に示すように、プラズマ強度Pは中央下寄り域Xbで最も高い分布となる。ここで、一定範囲内の位相ずれ角(変調角度) θ の例としては、 $\theta \approx 40^\circ$ である。

【0044】逆に、RF周波数 f_a 側に対してRF周波数 f_b 側の高周波が $+\theta$ ($\theta \approx 40^\circ$)の位相ずれ角を有するようにすると、図3中(c)に示すように、プラズマ強度Pは中央上寄り域Xaで最も高い分布となる。

【0045】そこで、位相制御信号源8の出力A8a、出力B8bを、それぞれRFアンプA4a、RFアンプB4bに入力して、位相変調法により位相ずれ θ を一定範囲内で、例えば $-40^\circ \sim +40^\circ$ にわたって、周期的に揺動周期Tfで変化させると、中央上寄り域Xaから中央下寄り域Xbの間を周期Tfでプラズマ強度Pのピークの揺動Fが生じ、中央域Xを中心に中央上寄り域Xaから中央下寄り域Xbの間に時間平均的に均一にプラズマが強く発生し、「中央プラズマモード」が形成される。

【0046】揺動周期Tfの例としては、 $Tf \approx 10$ secであるが、揺動周期Tfおよび位相ずれ角 θ は、上下給電点6a、6b間の中央部、すなわち図示の中央域Xを中心に中央上寄り域Xaから中央下寄り域Xbの間に時間平均的に均一にプラズマが発生するように設定する。中央域Xだけで上下給電点6a、6b間の中央部に実質的に均一にプラズマが発生すれば、位相ずれ角 θ を小さく、あるいは零としてプラズマ強度Pのピークの揺動Fを抑えてもよい。

【0047】一方、「上下プラズマモード」は、図4に示すように、位相ずれ角(変調角度) θ をさらに一定範囲以上に大きくすることによって、プラズマ強度Pのピークを、上端域Yaと、下端域Ybに発生させるものである。

【0048】一定範囲以上の位相ずれ角 θ としては、例えば θ を 100° 以上とし（好ましくは 115° 程度）、RF周波数 f_a 側に対してRF周波数 f_b 側が位相ずれ $\pm\theta$ を有するときは、図4中（a）に示すように、プラズマ強度 P は上下給電点6a、6bの近傍部である図示の上端域Yaと、下端域Ybで最も高い分布となり、中央域X周辺が低い分布となって「上下プラズマモード」が形成される。この場合、上下給電点6a、6bにプラズマが集中しやすい特性があり、「上下プラズマモード」はその特性を利用したものである。

【0049】また、「上下プラズマモード」は、図4（b）に示すように、位相ずれ θ に代えて、RF周波数 f_a に対してRF周波数 f_b が一定範囲以上の周波数差 $\pm\Delta f_b$ を有するように設定しても形成することができ、例えば、 $f_a = 60\text{MHz}$ 、 $\Delta f_b = 1.5\text{MHz}$ で、 $f_b = f_a - \Delta f_b = 58.5\text{MHz}$ の場合、「上下プラズマモード」が形成された。この場合、 $\Delta f_b / f_a$ は2.5%である。

【0050】以上のような、「中央プラズマモード」と「上下プラズマモード」とを交互に形成すると、電極3全体において時間平均的に均一にプラズマが発生し、電極3全体のシリコン堆積膜が、隈無く均一にエッチングされて除去される。また、電極3全体で均一にプラズマが発生するため、真空容器1内部全体も良好に様のシリコン堆積膜除去をなすことが可能となる。

【0051】以上のような作用効果に加え、本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法によれば、電極3の過熱を抑制し、過熱によるオーバーエッチングが防止される。図5に、シリコン堆積膜除去を行なう高温クリーニングの時間経過と、電極3の中央部（中央上寄り域Xaから中央下寄り域Xbの間）の電極温度 T_c および電極3の下側給電点6b近傍（下端域Yb）の電極温度 T_b の関係を示す。

【0052】なお、本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法においては、シリコン堆積膜が厚いときは、 300 ないし 400°C 程度の温度になるように調整しつつエッチング作用を高めてエッチングを早く進行させる高温クリーニングを行い、金属面が出る前にプラズマを止めてNF₃ガスまたはN₂ガス等を流して 150°C 程度まで冷却し、その後 200 ないし 250°C 程度の温度に調整しつつエッチングを進行させる低温クリーニングを行なうことが、効率上およびオーバーエッチング防止上有効であり、図5はその高温クリーニングの例である。

【0053】図5の電極3の温度履歴例に示されるように、電極温度 T_c 、電極温度 T_b はともに、やや漸増の傾向はあるものの略一定範囲内に止めることができ、温度は上下に変化しつつ温度上昇は約 300°C までに抑制される。

【0054】これは、本実施の形態のシリコン堆積膜除

去方法は、「中央プラズマモード」と「上下プラズマモード」とを交互に行なうため、「中央プラズマモード」においては上端域Yaと下端域Ybの加熱が弱まり、

「上下プラズマモード」においては中央上寄り域Xaから中央下寄り域Xbの加熱が弱まるためである。

【0055】また、「中央プラズマモード」と「上下プラズマモード」との切替えに際して、高周波電力の供給を停止するインターバルを設け、インターバルの時間的割合によって、加熱量を調節できるためである。

【0056】その結果、連続的に加熱された場合に生じる恐れのある電極3の過熱が防止され、過熱による電極3のオーバーエッチングを防止することができ、且つ適切な温度範囲内でエッチングを進行することができ、製膜室2等の構造物の熱変形、損傷も防止される。

【0057】なお、「中央プラズマモード」と「上下プラズマモード」との切替えは、図6に「中央プラズマモード」のプラズマ強度 P_c と「上下プラズマモード」のプラズマ強度 P_u の時間変化の例を示すように、例えば「中央プラズマモード」のプラズマON時間 $t_c = 3$

分、インターバル時間 $t_i = 1$ 分、「上下プラズマモード」のプラズマON時間 $t_u = 3$ 分、インターバル時間 $t_i = 1$ 分、というような繰り返しとなる。

【0058】各プラズマON時間 t_c 、 t_u 、インターバル時間 t_i によって、加熱量の調整ができるので、高温クリーニング、低温クリーニングの温度設定、また時間経過に従う温度漸増に対する抑制等を行なうことができる。

【0059】そして、そのように制御しても電極3部材の温度が上昇する場合は、万一電極金属が露出しても電極温度の急増が抑制されているので腐食速度は遅く、従来に比べ遙に電極部材の腐食量は小さいので（従来の場合は約 500°C まで温度が上昇し、本発明の10倍以上の腐食量となる場合があった）、一旦プラズマを停止し、NF₃ガスまたはN₂ガス等を流して製膜室2全体を $100 \sim 150^\circ\text{C}$ 程度に低下させて、再度プラズマによるエッチングを行なうことで腐食速度を抑制しつつクリーニングを行なうことができる。

【0060】図7に、本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法の一実施例の諸値を示す。この実施例の場合、RF周波数 f_a 、 $f_b = 60\text{MHz}$ 、中央プラズマモード：位相ずれ $\theta = \pm 40^\circ$ 、上下プラズマモード：位相ずれ $\theta = \pm 100^\circ$ 以上、プラズマON時間合計162分、インターバルを含むクリーニング総時間334分で、腐食無し、残膜、一部箇所に微少、という結果が得られ、実質的に真空室内全体のシリコン堆積膜を除去できた。

【0061】したがって、本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法によれば、製膜装置において製膜用の電極をそのまま使用でき、追加設備コストが少なく、工数の増大が少なく、製膜工程に対する稼働停止等の影響も極め

て少ない。また、電極のオーバーエッチングも防止できるので、安全且つ効率のよいセルフクリーニングプロセスが可能となる。

【0062】特に実施態様のプラズマCVD装置においては、稼働率が向上し、また、真空容器内、電極のクリーニングを適切に実施できるため、アモルファスシリコン製膜等、製膜製品の歩留り、品質の向上が得られる。

【0063】以上、本発明の実施の形態を説明したが、上記の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の範囲でその具体的構成に種々の変更を加えてもよいことは言うまでもない。

【0064】例えば、電極3はラダー電極を例示して説明したが、それに限られることなく、基板と向かい合って平面的に構成され、相対する2辺にそれぞれ高周波電源が接続される電極であれば、例えば平板電極等においても、本発明は同様に適用できる。

【0065】

【発明の効果】(1)請求項1の発明によれば、シリコン堆積膜除去方法を、真空容器内にNF₃を導入し、同真空容器内の平面状に構成された電極に高周波電力をかけて、NF₃をプラズマ化して分解し、発生したFラジカルにより同真空容器内のシリコン堆積膜を除去するシリコン堆積膜除去方法において、前記電極の対向する端縁部にそれぞれ第1、第2の給電点を設け、同第1、第2の給電点にそれぞれ第1、第2の高周波電源を接続し、同第1、第2の高周波電源の高周波電力の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲内として前記第1の給電点と第2の給電点との間の中央部において主にプラズマが発生する中央プラズマモードと、前記第1、第2の高周波電源の高周波電力の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲以上として前記第1の給電点と第2の給電点の近傍部において主にプラズマが発生する上下プラズマモードとを、交互に行なうように構成したので、電極全体において時間平均的に均一にプラズマが発生し、電極全体のシリコン堆積膜が、限無く均一にエッチングされて除去され、また、電極全体で均一にプラズマが発生するため真空容器の内部全体も良好に均一のシリコン堆積膜除去をなすことが可能となる。

【0066】(2)請求項2の発明によれば、請求項1の記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記上下プラズマモードは、前記第1、第2の高周波電源の高周波電力の周波数を同じく且つ位相のずれを一定範囲以上とすることに代えて、前記第1、第2の高周波電源の高周波電力の周波数に一定範囲以上の差を設けることにより行なうように構成したので、電極全体において時間平均的に均一にプラズマが発生し、電極全体のシリコン堆積膜が、限無く均一にエッチングされて除去され、また、電極全体で均一にプラズマが発生するため真空容器の内部全体も良好に均一のシリコン堆積膜除去をなすことが可能となる。

【0067】(3)請求項3の発明によれば、請求項1または請求項2に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記第1、第2の給電点はそれぞれ複数設けるように構成したので、請求項1または請求項2の発明の効果に加え、プラズマの発生の分布をより均一的にでき、より大サイズの電極に対処できる。

【0068】(4)請求項4の発明によれば、請求項1または請求項2に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記平面状に構成された電極は、前記第1の給電点が設けられた第1の横方向電極棒と、前記第2の給電点が設けられた第2の横方向電極棒と、同第1、第2の横方向電極棒の間を接続する複数の縦方向電極棒を有するものであるように構成したので、請求項1または請求項2の発明の効果、大サイズの電極として有効なラダー電極において奏することができる。

【0069】(5)請求項5の発明によれば、請求項1または請求項2に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記中央プラズマモードは、前記第1、第2の高周波電源の高周波電力の位相のずれを前記一定範囲内で正負にわたり周期的に変化させるように構成したので、請求項1または請求項2の発明の効果に加え、第1、第2の給電点間の中央部をプラズマ強度のピークが周期的に揺動し、プラズマの発生の分布をより均一的にでき、より大サイズの電極に対処できる。

【0070】(6)請求項6の発明によれば、請求項1または請求項2に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記中央プラズマモードと、前記上下プラズマモードとの間に高周波電力の供給を停止するインターバルを設けるように構成したので、請求項1または請求項2の発明の効果に加え、インターバルの時間的割合を調整することで、加熱量を調節でき、連続的に加熱された場合に生じる恐れのある電極の過熱が防止され、過熱による電極のオーバーエッチングを防止することができ、且つ適切な温度範囲内でエッチングを進行することができ、真空容器内の構造物の熱変形、損傷も防止される。

【0071】(7)請求項7の発明によれば、請求項6に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記中央プラズマモードと前記上下プラズマモードとを交互に行なったのち、前記真空容器内を冷却し、その後、前記インターバルの時間的割合を前記真空容器内の冷却前に比べ増加させて前記中央プラズマモードと前記上下プラズマモードとを交互に行なうように構成したので、請求項6の発明の効果に加え、シリコン堆積膜が厚いときは、まず比較的高温になるように調整しつつエッチング作用を高めてエッチングを早く進行させ、一旦冷却後、インターバルの時間的割合を増加させて比較的低温でエッチングを進行させることにより、効率が増上しオーバーエッチングが防止される。

【0072】(8)請求項8の発明によれば、請求項1ないし請求項7のいずれかに記載のシリコン堆積膜除去

方法において、前記平面状に構成された電極は、前記真空容器内で製膜を行なうための電極であるように構成したので、請求項1ないし請求項7のいずれかの発明の効果に加え、製膜装置において製膜用の電極をそのまま使用でき、追加設備コストが少なく、工数の増大が少なく、製膜工程に対する稼働停止等の影響も極めて少ない。また、電極のオーバーエッチングも防止できるので、安全且つ効率のよいセルフクリーニングプロセスが可能となる。

【0073】(9)請求項9の発明によれば、請求項8に記載のシリコン堆積膜除去方法において、前記真空容器はプラズマCVD装置を構成するものであるようにしたので、請求項8の発明の効果に加え、プラズマCVD装置においては、稼働率が向上し、また、真空容器内、電極のクリーニングを適切に実施できるため、アモルファスシリコン製膜等、製膜製品の歩留り、品質の向上が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の一形態に係るシリコン堆積膜除去方法の実施態様の説明図であり、プラズマCVD装置の構成概要図である。

【図2】図1の電極におけるプラズマ発生モードの説明図である。

【図3】図2中の中央プラズマモードの説明図である。

【図4】図2中の上下プラズマモードの説明図である。

【図5】本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法の高温クリーニング時における電極の温度履歴のグラフであ

＊る。

【図6】本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法における電極温度コントロール運転の説明図である。

【図7】本実施の形態のシリコン堆積膜除去方法の一実施例の諸値表である。

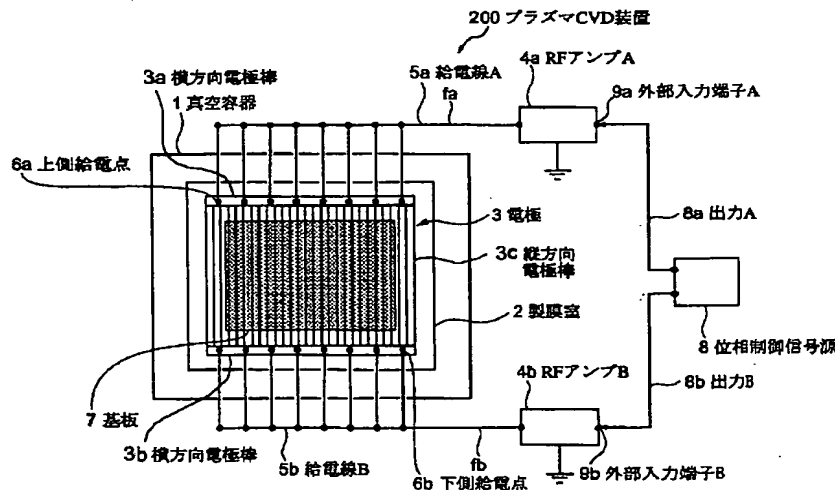
【図8】プラズマCVD装置の一般的な構成概要図である。

【図9】図8中A-A矢視によるプラズマCVD装置の真空容器内の断面配置図である。

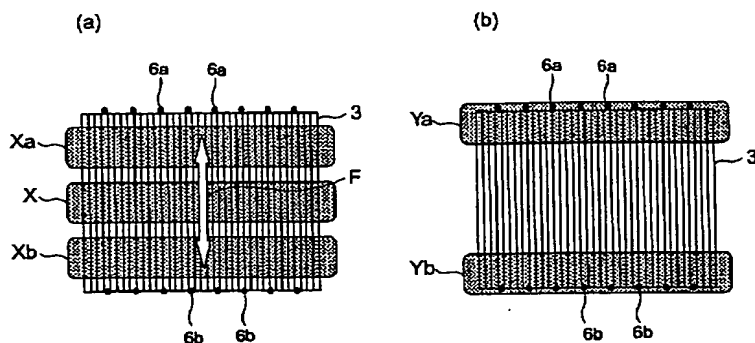
【符号の説明】

1	真空容器
2	製膜室
3	電極
3a、3b	横方向電極棒
3c	縦方向電極棒
4a	RFアンプA
4b	RFアンプB
5a	給電線A
5b	給電線B
6a	上側給電点
6b	下側給電点
7	基板
8	位相制御信号源
10	ガス供給部
11	排気管
12	アース電極
＊ 100、200	プラズマCVD装置

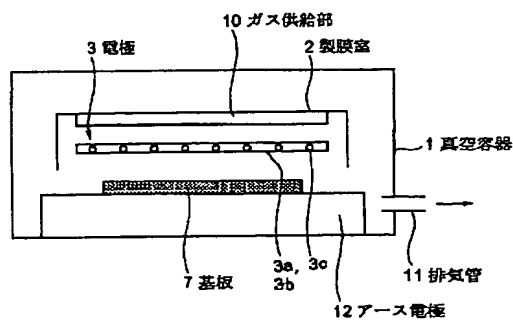
【図1】



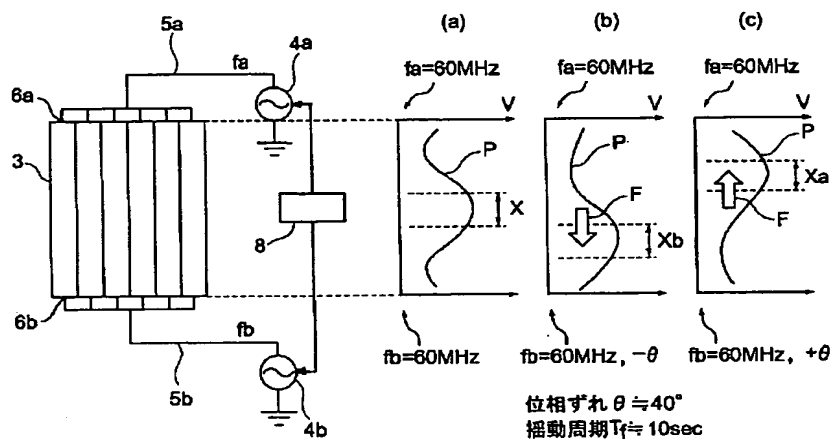
【図2】



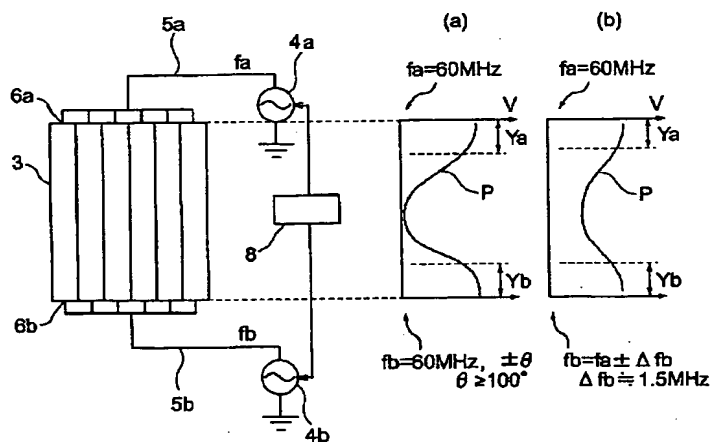
【図9】



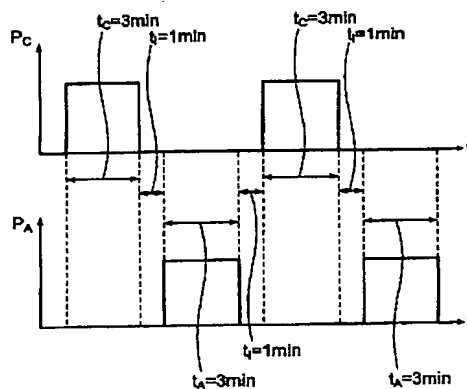
【図3】



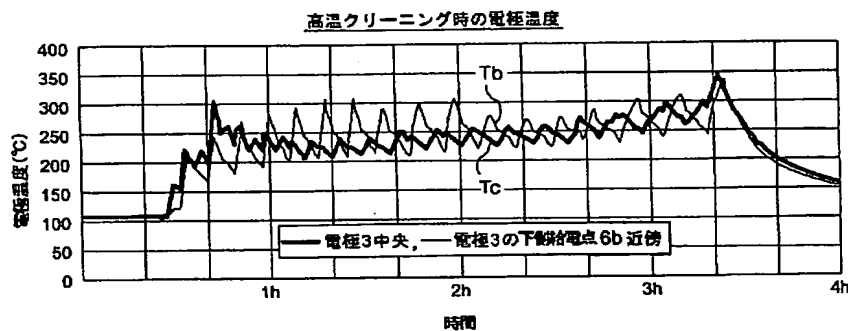
【図4】



【図6】



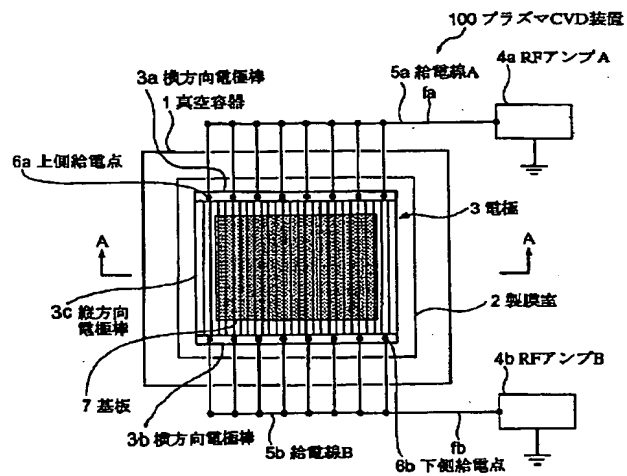
【図5】



【図7】

プラズマ位相変調条件	○ 中央モード RF周波数: $f_a, f_b=60\text{MHz}$ 位相ずれ $\theta: \pm 40^\circ$ 掃動周期 $T_f: 10\text{sec}$
	○ 上下モード RF周波数: $f_a, f_b=60\text{MHz}$ 位相ずれ $\theta: \pm 100^\circ$ 以上
高温クリーニング時間	○ 中央モード(プラズマON): 49分 ○ 上下モード(プラズマON): 49分 ○ インターバル: 78分 176分
	プラズマ運用条件 (プラズマON/インターバル) 2分/1分→3分/1分 →5分/1分(最後まで)
冷却時間	40分
低温クリーニング時間	○ 中央モード(プラズマON): 32分 ○ 上下モード(プラズマON): 32分 ○ インターバル: 54分 118分
	プラズマ運用条件 (プラズマON/インターバル) 2分/1分(最後まで)
クリーニング時間合計	334分 (内プラズマON: 162分)

【図8】



フロントページの続き

- (72)発明者 上野 茂一
長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式
会社長崎造船所内
- (72)発明者 高野 暁己
長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工
業株式会社長崎研究所内
- (72)発明者 真島 浩
長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工
業株式会社長崎研究所内

- (72)発明者 竹内 良昭
長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工業株式
会社長崎造船所内
- (72)発明者 深川 雅幸
長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工
業株式会社長崎研究所内
- (72)発明者 山田 明
長崎市深堀町五丁目717番1号 三菱重工
業株式会社長崎研究所内

F ターム(参考) 4K030 DA06 FA01
5F004 AA15 BA20 BB11 BD04 CA03
CA04 DA17 DA25 DB01
5F045 AA08 AB02 AD06 AD07 BB08
BB15 DP03 EB02 EB06 EH04
EH20